# Insektpatologin och dess tillämpning

REINHOLD CHARPENTIER

Charpentier, R.: Insektpatologin och dess tillämpning. [Insect pathology and its applications.] – Ent. Tidskr. 101: 49–60. Lund, Sweden 1980. ISSN 0013-886x.

Insect pathology and some recent advances in microbiological control of insects are summarized. The underdevelopment of insect pathology as a science in Sweden is discussed in terms of traditions, the insignificance of Swedish pest insects and the influence of the Swedish Product Control Board.

*R. Charpentier, Department of Zoology, University of Lund, S-223 62 Lund, Sweden*

Av djurvärldens alla arter utgöres minst tre fjärdedelar eller bortåt 1 miljon av insekter. Deras reproduktionsförmåga är fantastisk: den sammanlagda avkomman från ett enda ursprungsdjur kan på en säsong uppgå till miljoner. Likväl dränks vi inte i insekter, och den viktigaste orsaken till detta är att de allra flesta insekter blir sjuka eller dör innan de hinner föröka sig.

Det finns många olika sjukdomstillstånd hos insekter – kanske lika många som hos människan själv. Det finns infektionssjukdomar, tumörer och genetiska sjukdomar, det finns störningar i ämnesomsättningen och näringsbrist, och det finns sjukdomar som orsakas av kemiska eller fysikaliska skador, eller av skador från parasitinsekter och predatorer. Läran om alla dessa sjukdomstillstånd kallas insektpatologi. De flesta insektpatologer brukar arbeta med insekternas infektionssjukdomar, alltså sådana sjukdomar som orsakas av t ex bakterier, virus, svampar och protozoer. Anledningen till detta är att sådan forskning kan få praktisk betydelse genom att leda fram till metoder för mikrobiologisk bekämpning av skadeinsekter.

## Bakteriesjukdomar

De mikroorganismer som man oftast finner i sjuka eller döda insekter är nog bakterierna. Det finns ett hundratal insektpatogena bakteriearter, och de flesta kan massodlas på billiga artificiella substrat utanför värddjuret. Framför allt är det två sporbildande bakterier som blivit berömda, därför att de blivit kommersiellt utnyttjade: *Bacillus thuringiensis* och mjölksjukebakterien, *B. popilliae*.

*B. popilliae* ingår i de amerikanska preparaten "Doom" och "Japidemic", och den orsakar s k mjölksjuka hos larverna av japanbaggen, *Popillia japonica*, och andra bladhorningar. Sjukdomen har fått sitt namn av att den normalt vattenklara kroppsvätskan hos sjuka insekter blir mjölkvit av de ca 50 miljarder bakteriesporer som bildas i varje ml blodvätska. Japanbaggen kom omkring 1916 över till Nordamerika från Japan, och eftersom den då kom att sakna naturliga fiender, bredde den mycket hastigt ut sig och blev ett mycket svårt skadedjur på framför allt vallväxter. Man prövade då med viss framgång att bekämpa den med nematoder men övergick så småningom till *B. popilliae*, som visade sig ha en helt fantastisk effekt. Visserligen kunde det ta 1–2 månader innan larverna dog, men verkan var långvarig, eftersom bakteriesporerna kunde hålla sig vitala i marken ett tjugotal år efter det att värddjuren dött ut, och japanbaggen är nu knappast längre något problem i USA. I bl a Frankrike och Schweiz har både *B. popilliae* och några andra närstående bakteriearter visat sig användbara mot andra bladhorningar, särskilt *Amphimallon majalis*. Tyvärr är *B. popilliae*-preparat dyra, eftersom bakterien sporulerar dåligt på konstgjorda substrat och därför måste framställas i levande insekter.

Den mest använda insektpatogenen är utan tvivel *B. thuringiensis*. Artnamnet kommer av

det tyska Thüringen, där den i början på 1900-talet orsakade massdöd hos kvarnmottet. Frankrike var först med att framställa denna bakterie som ett kommersiellt preparat: redan 1938 lanserades den under namnet "Sporéine". Efter andra världskrigets slut framställdes *B. thuringiensis*-preparat i allt fler länder; på 1950-talet fanns det minst ett dussin preparat i världen. Nu är det framför allt Sovjetunionen, USA, Frankrike och Japan som producerar sådana preparat. Åtskilliga tusen ton av bakterien används nu årligen inom jord- och trädgårdsbruk världen över.

Utvecklingen av *B. thuringiensis* till bekämpningsmedel är en lång och spännande historia, som börjar med Louis Pasteur. Genom sina studier på 1860-talet över sjukdomarna hos silkesmask, räddade han ju den franska och italienska silkesindustrin från en säker ruin. Han utarbetade därvid metoder att eliminera den skadliga protozon *Nosema bombycis*. Bland annat lade emellertid Pasteur också märke till, att dammet i burar som innehållit sjuka larver ibland var oerhört smittsamt, och att det på mycket kort tid kunde ge friska silkesmaskar symptom på en bakterieinfektion som var snabbt dödande, men där egentligen ingen bakterietillväxt kunde konstateras. Det hela var mycket förbryllande. Senare kom bakterien att studeras av många andra forskare, särskilt i Frankrike, Tyskland, Japan och USA, och alla gjorde samma iakttagelse som Pasteur. Man fann också att bakterien var lätt att odla på enkla substrat, och att unga bakteriekulturer var ofarliga, medan gamla kulturer hade ett slags giftverkan på larverna av många olika arter fjärilar, så att dessa omedelbart slutade att äta och senare dog. Den slutliga förklaringen kom faktiskt inte förrän 1954, då Angus i Kanada visade att giftverkan hos de flesta fjärillarver berodde på en egendomlig proteinkristall (parasporkropp, endotoxinkristall), som bara uppstår när bakterien bildar sporer, och som frigöres tillsammans med dessa, när bakteriecellväggen småningom faller sönder.

Kristallen är i sig själv helt ogiftig, och ingenting händer om man sprutar in den i blodet på en frisk fjärilslarv. Men i tarmen hos en larv, där tarmsaften är alkalisk (pH minst 8,9) och innehåller äggvitespjälkande och reducerande enzymer, så löses kristallen upp i giftiga enheter. Ingen annan insektordning (t ex nyttiga parasitsteklar), människa eller ryggradsdjur är mottagliga för det här kristallgiftet – endast fjärilslarver.

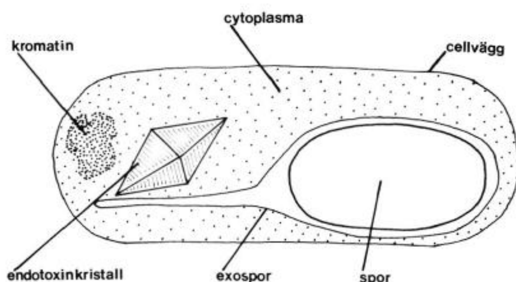



Fig. 1. Schematisk teckning av *Bacillus thuringiensis*. Såväl kristallen som den levande sporen brukar ingå i kommersiella preparat.

Schematic drawing of *Bacillus thuringiensis*. Both the crystal and the living spore are usually included in commercial preparations.

Nu är emellertid *B. thuringiensis* en mångformig bakterie, och man delar in den i ett antal s k serotyper, som har olika egenskaper och olika effekt mot olika insektarter. Några av dessa serotyper har förmågan att bilda ytterligare ett insektgift, ett s k termostabilt exotoxin. Detta gift verkar störande på syntesen av RNA hos insektlarver av flera ordningar, t ex tvåvingar, skalbaggar och fjärilar. Det verkar därför långsamt dödande, och det har med framgång prövats mot husflugor (som synes vara den känsligaste insekten) i stallar och hönserier, där man då matat boskapen eller hönsen med bakteriepreparat och med den påföljden, att flugor sedan inte kunde utvecklas i spillningen. Men eftersom man är osäker på om exotoxinet kan påverka arvsanlagen (exotoxinbildande stammar kan i stora doser inhibera DNA-syntesen i vävnadsodlade humanceller), så undviker man tills vidare exotoxinproducerande stammar i de kommersiella preparaten, åtminstone i västvärlden. Det är dock inte uteslutet att exotoxinproducerande stammar i framtiden kan få användning mot t ex växtpatogena nematoder och harkrankslarver. I Sovjetunionen finns att köpa såväl "Exotoxin" som "Toxobakterin" och "Bitoxibacillin", vilka samtliga innehåller det aktuella exotoxinet.

Sammanlagt cirka 200 arter fjärilar kan nu utan risk för andra organismer bekämpas med levande sporpreparat av *B. thuringiensis*. I Europa används bakterien mot bl a kålfjäril, kålmal, spinnmal, ringspinnare, frostfjäril och lövskogsnunna. I Sverige har den ännu inte använts.

Då och då dyker nya preparat upp med effekt mot tidigare okänsliga fjärilsarter. Sommaren 1973 upptäckte man sålunda i Danmark, att den amerikanska produkten "Dipel" har god effekt mot barrskogsnunnan, en skadeinsekt som tidigare helt motstått alla andra *B. thuringiensis*-preparat. Helt nyligen har också en förut okänd variant av *B. thuringiensis* påträffats i Israel (var. *israelensis*). Endotoxinkristallen är hos denna form egendomligt nog ej giftig för fjärilslarver men däremot starkt verksam mot stickmyggor. WHO satsar nu på att utnyttja bakterien för utrotning av malariamyggor i tropikerna. Med all sannolikhet skulle den också kunna användas mot svenska stickmygg.

Slutligen kan nämnas, att man i Japan för några år sedan lanserade en ny bakterieart, som man kallade för *B. moritai*, och som skulle vara effektiv mot husflugor. Bakterien lär ingå i ett preparat som heter "Rabirusu", men det är obekant om det verkligen är en ny bakterieart eller kanske bara en exotoxinproducerande form av *B. thuringiensis*.

**Virussjukdomar**

År 1973 frisläppte amerikanska myndigheter det första viruspreparatet för kommersiellt bruk som insektmedel. Preparatet som heter "Elcar" eller "San 240 I" utgöres av ett s k kärnpolyedervirus, och det riktar sig mot nattflyn av släktet *Heliothis*, vilka är svåra skadedjur på bl a bomull, majs, tobak och tomat. I Europa används det nu framför allt i Spanien. Senare har även två andra kärnpolyedervirus blivit godkända för kommersiell spridning i USA; det rör sig om virus mot lövskogsnunnan och mot den amerikanska granspinnaren *Orgyia* (=*Hemerocampa*) *pseudotsugata*.

Bakom frisläppandet av det första *Heliothis*-virus ligger tio års arbete av amerikanska myndigheter och specialister: virologer, patologer, miljöexperter. Det gällde ju att utarbeta relevanta testmetoder med avseende på effektivitet och eventuell farlighet hos en helt ny typ av insektmedel. Då man nu enats om vilka mycket utförliga tester som skall krävas för att insektvirus skall kunna godkännas, och då dessa säkerhetstester visat, att även de åtta eller nio andra kärnpolyedervirus som hittills prövats uppenbarligen är helt ofarliga för annat än för värdinsekten eller målinsekten, kan man våga förutspå ett genombrott för användningen av dylika virus. Eftersom alla virus visar samma positiva resultat i säkerhetstesterna, kan kanske dessa tester småningom förenklas, när det gäller andra virus med likartad uppbyggnad och biokemi.

De virus det här rör sig om hör alla till släktet *Baculovirus*. Förutom kärnpolyedervirus (ofta förkortat NPV) hör granulärvirus (GV) till denna grupp; gemensamt är att viruspartiklarna ligger skyddade inuti stora s k ocklusioner eller inklusionskroppar. Hos den första typen är varje ocklusion polyederformad och innehåller bortåt 100 viruspartiklar; hos granulärvirus finns det bara en enda viruspartikel i varje ocklusion, som är mera kapselformad. Granulärvirus kallas ibland också för kapselvirus.

Skyddskroppen är mer eller mindre kristalliniskt uppbyggd och består av protein. Inne i insekttarmen löses den upp – vanligtvis krävs alkalisk tarmsaft och speciella enzymer – så att viruspartiklarna blir fria och kan angripa tarmepitelet. De vandrar sedan vidare till bl a fettkroppen och till hypodermis (insektens hudepitel), där den egentliga utvecklingen sker, och där cellerna så småningom blir helt fyllda med ocklusioner och virus. De angripna vävnaderna blir ytterst sköra, och den minsta regndroppe kan få den döda eller döende larven att brista, så att det grötliknande kroppsinnehållet, vilket nu nästan enbart består av virushaltiga skyddskroppar, rinner ut och kan spridas. Eftersom det bara är i tarmen hos rätt värdinsekt som ocklusionerna brukar lösas upp, så kan virus tack vare de här unika skyddskropparna spridas med rovlevande insekter eller med fåglar och sorkar.

Bortåt 200 *Baculovirus* är nu kända, och de har bara påträffats hos insekter (plus en art hos en räka). De anses inte vara närmare släkt med något annat virus från t ex människa eller växter.

De flesta *Baculovirus* angriper endast en eller ett fåtal närbesläktade insektarter – särskilt är det många fjärillarver och barrstekellarver som drabbas. De anses därför mycket säkra för biologisk bekämpning, och just *Baculovirus* som insektbekämpningsmedel har förslagits av både WHO och FAO.

I skilda världsdelar har nu mer än 40 arter svåra skadeinsekter bekämpats med viruspreparat. I de flesta fall har det rört sig om kärnpolyedervirus, som insamlats och anrikats från sjuka insekter efter naturliga epizootier (så kallas epidemier hos djur), och som sedan prövats i ganska



Fig. 2. Kärnpolyedervirus från krusbärsmätaren, *Abraxas grossulariata*. Viruspartiklarna ligger som små paket inuti den skyddande äggvitekroppen (ocklusionen), vars kristalliniska uppbyggnad kan skönjas. – ×150 000.

Nuclear polyhedrosis virus from the magpie moth, *Abraxas grossulariata*. The virus particles are protected as multiple embedded bundles within the crystalline protein lattice of the occlusion. – ×150 000.

liten skala. Industriellt framställs insektvirus i levande insekter som massodlas på artificiell diet, men det är nog bara en tidsfråga innan insektvirus framställs i vävnadsodling, ungefär som t ex poliovaccin. En metod att massföröka och renframställa sädesbroddflyets granulärvirus har nyligen utarbetats i Lund; detta virus har en snabb verkan mot smålarver av sädesbroddflyet, både på laboratoriet och i fält. Mycket berömd är användningen av kärnpolyedervirus mot olika arter av barrsteklar. I Kanada har ett virus som ursprungligen kom från Sverige nu framgångsrikt fungerat ända sedan 1949 mot röda tallstekeln. Samma virus framställs och säljs f ö i Finland av en statlig industri, och det har flera gånger räddat tallskogarna både i Sverige och Norge, åtminstone på de små försöksområden som man behandlat. Inga mikrobiologiska insektmedel är nämligen ännu godkända för registrering och användning i Sverige.

Mer än 80 % av alla insektvirus som beskrivits hör till gruppen *Baculovirus*, men det finns också några andra som småningom kan bli aktuella som bekämpningsmedel, bl a därför att de liksom *Baculovirus* har de solljuskänsliga viruspartiklarna inbäddade i ett skyddande proteinhölje. Sålunda har *Entomopoxvirus* framgångsrikt prövats mot en vecklarefjäril på stora barrskogsarealer i Kanada. Även cytoplasmapolyedervirus (CPV, *Cypovirus*) måste nämnas. Naturliga infektioner med *Cypovirus* är mycket vanliga i de flesta fjärilspopulationer och hindrar dem ofta från att bli alltför omfattande. I Japan har helt nyligen ett *Cypovirus* blivit frisläppt för kommersiell an-



Fig. 3. Larver av krusbärsmätaren, *Abraxas grossulariata*, döda i kärnpolyederviros. Genom virus' inverkan blir vävnaderna upplösta, och kroppsinnehållet rinner ut som en gröt av virus. Virus kan därefter spridas med t ex nyckelpigor. Observera den karakteristiska hängande ställningen hos larverna.

Caterpillars of the magpie moth, *Abraxas grossulariata*, killed by a nuclear polyhedrosis virus. The disease has rendered the skin very fragile, and the body content easily oozes out as a milky fluid. This fluid is a suspension of many thousands of polyhedra, which can be dispersed by e.g. lady-birds. Note the characteristic position of the larvae, hanging head downwards.

vändning i skog. I Syd- och Mellaneuropa har andra former av CPV visat sig vara användbara mot bl a processionsspinnare, äpplerödgump och ringspinnare. En nackdel med de flesta *Cypovirus* och *Entomopoxvirus* är att de har en långsammare verkan än *Baculovirus*. De tycks också ha viss släktskap med en del virus hos ryggradsdjur. Ännu har man inte lyckats infektera ryggradsdjur med dem, men man bör nog tills vidare kräva extra noggranna säkerhetstester för CPV och *Entomopoxvirus*, innan man släpper dem fria som bekämpningsmedel.

**Svampsjukdomar**

Sedan länge har det varit känt, att de insektpatogena svamparna kan ha en starkt populationsreglerande effekt i naturen. Emellertid verkar det som om naturliga svamp-epizootier blivit mera sällsynta än de var förr. Detta beror antagligen på bruket av insekticider, som slagit ut de svampkänsliga individerna, men lämnat kvar mera resistenta former. Minst 500 insektpatogena svamparter har beskrivits, och en orsak till att de är så många kan vara, att de sjukdomar de orsakar – mykoserna – är mycket lättare att iakttta än andra sjukdomar. I slutstadiet lever de flesta svampar saprofytiskt på den döda insekten och bildar mängder av sporer utanpå insektkroppen. Dessa sporer är dessutom ofta karakteristiskt färgade och gör den mykos-drabbade insekten särskilt iögonenfallande.

Svamparna har prövats som bekämpningsmedel mot insekter tidigare än någon annan mikroorganism. Redan 1884 grundade ryssarna en fabrik för massproduktion av grönmykossvampen, *Metarhizium anisopliae*. Den lades visserligen ned några år senare, men fortfarande är det nog i Öststaterna som man ligger främst vad gäller utnyttjandet av svampar som bekämpningsmedel.

Allmänt sett är det emellertid nog så, att man länge trott mera på bakterier och virus som bekämpningsmedel än på svampar. En anledning är att framgångarna vid bekämpningsförsök med svamp varit så varierande. Ibland har snabb 100-procentig dödlighet erhållits, ibland har försöken helt misslyckats. Detta beror nog helt enkelt på att man inte tillräckligt utforskat svamparnas verkningsmekanism; att man inte tagit hänsyn till att de flesta svamparter har olika raser med olika virulens och att man inte haft de rätta metoderna att massproducera dem. Det är nog också så, att många av misslyckandena varit skenbara, därför att man bara sett till den omedelbara effekten. Numera vet man, att många svampar kan ge upphov till sterilitet och t ex minskad köldresistens hos de insekter som överlever, och att de därför kan ha sin viktigaste populationsreglerande effekt under den kalla årstiden.

De flesta insektpatogena svampar kan odlas på artificiella näringsmedier, och de har en stor fördel jämfört med virus och andra mikroorganismer genom att de kan angripa insekterna direkt genom huden. De behöver alltså inte förtäras av insekterna, och de är därför särskilt lämpliga mot växtsugande insekter, t ex bladlöss.

För närvarande intresserar man sig särskilt för ett 10-tal insektpatogena svampar som biologiska bekämpningsmedel, men det är bara ett fåtal som det finns kommersiella preparat av. Det ena av dessa, "Metaquino", är ett brasilianskt preparat av den tidigare omnämnda *Metarhizium anisopliae*. Det används mot olika bladloppor och stritar på sockerrör och på vallväxter. Svampen har ett mycket brett värdspektrum, och minst 200 insektarter kan angripas av någon av dess många raser. De flesta mykoserna har rapporterats från skalbaggar, men det finns också raser isolerade från t ex mygglarver. Vid försök i växthus som utfördes vid Statens Växtskyddsanstalt i Stockholm på 1940-talet, fick man rätt goda framgångar med *Metarhizium* mot allehanda fjärilslarver (jordflyn, kålflyn, ärtflyn). Överhuvud taget borde svampar prövas mycket mera i växthus, som ju utgör ett enkelt och lätthanterligt ekosystem med jämnt klimat och hög fuktighet. Hög luftfuktighet är nämligen alltid gynnsamt för svampinfektioner, mycket mera än för bakterioser och viroser.

Det andra kommersiella svamppreparatet, "Boverin", grundar sig på den s k vitmykossvampen, *Beauveria bassiana*. Det är ett sovjetiskt preparat, och det rekommenderas särskilt mot koloradobaggen, men även mot t ex äppelvecklare. *B. bassiana* har tidigare producerats av åtminstone två amerikanska industrier, mest för användning mot bladätande skinnbaggar (*Blissus leucopterus*) och mot majsmott.

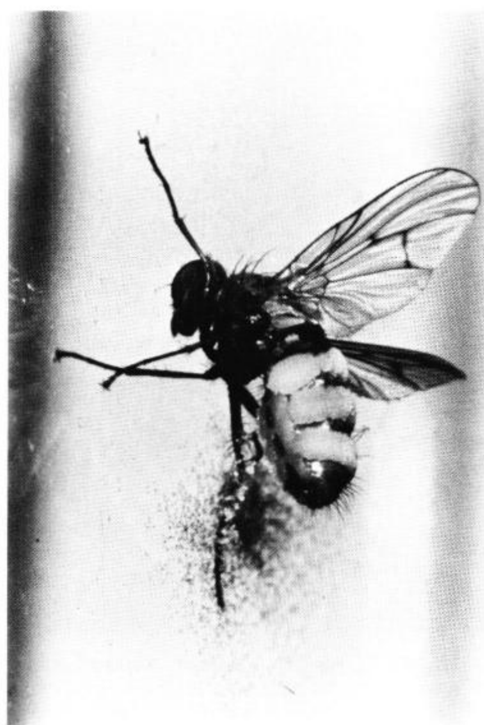


Fig. 4. Flugmögel, *Entomophthora* sp. på en muscid (s.l.). Svampen har trängt ut mellan bakkroppssegmenten och bildat s k konidiesporer, vilka kastats ut på underlaget.

*Entomophthora* sp. on a fly (Muscidae s.l.). The fungus has emerged through the intersegmental areas and formed conidia which have been discharged at the supporting pane. Photo: Åke Sandhall.

En annan art av *Beauveria*, *B. brogniartii* (tidigare *B. tenella*) studeras sedan en tid särskilt ingående i Frankrike , och den kommer troligen snart att lanseras för bekämpning av vissa marklevande insekter, t ex ollonborrar och jordflyn.

En insektsvamp som nästan alla människor har sett är *Entomophthora muscae*. Det är den svampen som bildar en vitaktig ring av sporer

runt döda flugor på t ex fönsterrutor. De flesta bladluskolonier brukar – om man ej besprutar dem, och om inte häftigt regn, nyckelpigor eller andra nyttoinsekter gör slut på dem – duka under i någon *Entomophthora*-epizooti framåt slutet av högsommaren. Men de har då ofta hunnit skada kulturväxterna alltför mycket, och man vill alltså gärna tidigarelägga *Entomophthora*-infektionerna. Vid Lantbrukshögskolan i Ultuna utvecklade man i mitten av 1960-talet en elegant metod att odla vissa *Entomophthora*-arter på näringslösning i vermikulit i tillslutna plåtburkar. Dessa kulturer var relativt lagringsdugliga, och det var meningen att burkarna skulle kunna distribueras direkt till odlarna. Tyvärr blev metoden aldrig ordentligt testad i fält. I Amerika har man helt nyligen utvecklat uppenbarligen mycket effektiva massodlingsmetoder för en del *Entomophthora*-arter, men även här återstår ännu omfattande fältförsök.

*Beauveria, Metarhizium* och *Entomophthora* är de svampsläkten som är mest berömda som bekämpningsmedel mot skadeinsekter på våra grödor. Men på olika håll i världen studerar man numera även flera andra former mera målinriktat, t ex *Hirsutella thompsonii* mot citruskvalstret *Phyllocoptruta oleivora* i Florida och Texas, *Nomurea rileyi* mot *Heliothis*-larver på sojabönor i North Carolina, arter av släktet *Aschersonia* mot vita flygare i Sovjetunionen, samt *Verticillium lecanii* mot bladlöss och vita flygare i Storbritannien och även vid Lantbruksuniversitetet Ultuna. Också släktet *Coelomomyces* tilldrar sig viss uppmärksamhet, eftersom det är specialiserat på mygglarver. Särskilt i Kanada och Sovjetunionen och på en del söderhavsöar arbetar man därför på metoder att utnyttja *Coelomomyces*-svampen för mygg- och knottbekämpning.

Ett intressant område är insektsvamparnas speciella toxiner. Dessa är ännu mycket ofullständigt kända, men det är inte omöjligt, att man småningom kan dra nytta av svamparnas insektspecifika toxiner, precis som vi nu utnyttjar antibiotika från så många svampar.

#### Protozosjukdomar

Protozoer är encelliga djur och det finns minst 1500 arter som utvecklas i insekter. De flesta arterna åstadkommer inga skador eller är rent av till nytta för insekten, genom att t ex producera vitaminer, men åtskilliga hundra arter är insektpatogena. Många har en långsam och komplicerad livscykel, och till skillnad från bakterier, virus och svampar kan de därför inte alls användas som snabbverkande biologiska insekticider. Men de har i alla fall ett mycket stort inflytande på de flesta insektpopulationer genom att de nedsätter vitaliteten, fruktsamheten eller livslängden. Dessutom anses de i hög grad kunna underlätta såväl artificiella som naturliga infektioner av bakterier, virus och svampar, och de minskar även mängden erforderliga insekticider. Vid biologisk bekämpning kan det alltså löna sig att uppmärksamma balansen mellan skadeinsekterna och deras protozoer, och detta kan kräva utspridning av ytterligare protozoer – eller av deras värddjur. Det finns exempel där protozoerna inte klarat övervintringen, därför att de då dödat alla sina skyddande värdar (skadeinsekterna), men där man ändå lyckats bevara en fungerande protozostam från år till år genom att samtidigt introducera en annan mottaglig värdinsekt, som inte dödas.

Protozoerna smittar insekterna via födan, eller i en del fall via parasitinsekter, och många av dem kan – liksom f ö även virus – också direkt överföras mellan generationerna via äggen. Insektpatogena protozoer kan ännu inte massframställas på konstgjorda substrat, utan de måste liksom virus odlas i levande insekter. Det finns ännu inga kommersiella preparat.

De flesta och viktigaste insektpatogena protozoerna finner man inom grupperna Sporozoa och Microspora, men även t ex flagellater och amöbor har patogena arter som rekommenderats för biologisk insektbekämpning: flagellater mot tvåvingar, amöbor tillsammans med microsporidier mot gräshoppor. Inom Sporozoa återfinnes coccidier och gregariner med påfallande många former som angriper spannmålsskadedjur, och som kanske kan användas mot t ex mjölbaggar, ängrar och kvarnmott.

Den viktigaste gruppen är emellertid utan tvivel Microspora med bl a nära 600 arter s k mikrosporidier, vilka är ytterst vanliga hos alla insektordningar. Flera framgångsrika fältförsök har rapporterats, där man använt mikrosporidie-arter av släktena *Thelohania* och *Nosema* mot skadliga fjärilar i fruktträdgårdar och i skog, och mot vivlar, bl a bomullsviveln, *Anthonomus grandis*. Helt nyligen har WHO låtit pröva arten *Nosema algerae* (*stegomyiae*) mot malariamyg-

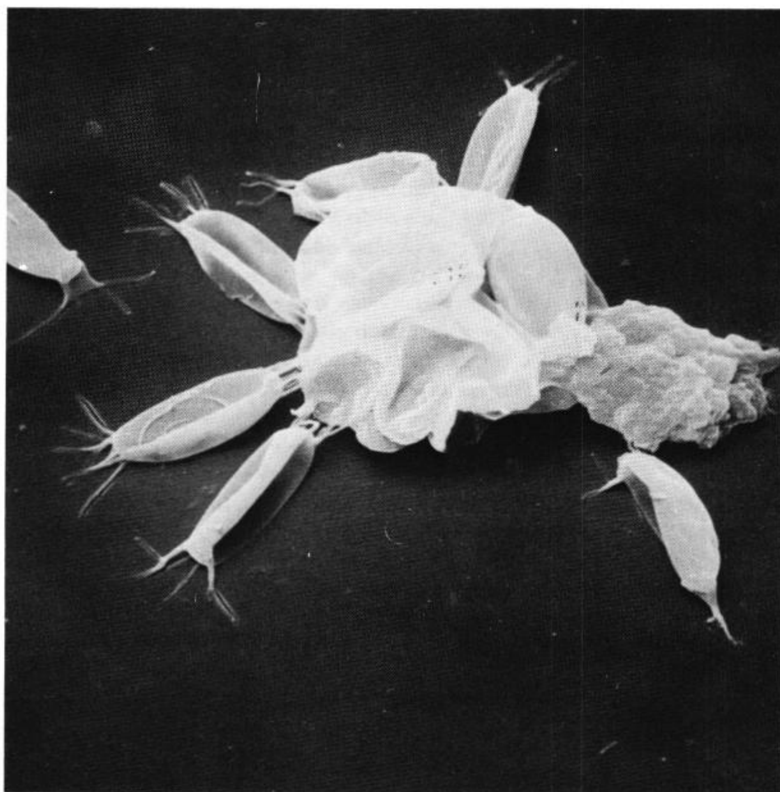


Fig. 5. Sporer av gregariniden *Syncystis aeshnae* från larv av trollsländan *Aeshna viridis*. – ×2400.

Spores of the gregarine *Syncystis aeshnae* from a nymph of the dragonfly *Aeshna viridis*. – ×2400.

gor i Panama. Denna mikrosporidie dödar inte myggorna särskilt effektivt, men i stället hindrar den malariaparasiten från att utvecklas inuti myggorna. Man har nu dessutom funnit, att om den aktuella *Nosema*-arten injiceras i någon stor nattflylarv, t ex *Heliothis*, så kan man erhålla 10 miljarder sporer från en enda larv, mot bara kanske 1/2 miljon i en liten mygglarv. Mikrosporidien kan därför framställas i tillräckliga mängder för att användas för biologisk bekämpning av malariaparasiten.

### Övriga infektionssjukdomar

Jag har nu nämnt lite om bakterier, virus, svampar och protozoer, men ingenting om de övriga mikrobiologiska grupper som kan åsamka insekterna sjukdomar, nämligen rickettsier och mykoplasma. Dessa grupper är visserligen i och för sig ytterst intressanta (se t ex R. Larssons artikel i vol. 99, sid 71–84 i denna tidskrift), men det är knappast troligt, att de någonsin kommer att användas för biologisk bekämpning.

Även nematoderna brukar inkluderas, när man behandlar mikrobiologisk bekämpning, trots att de ju är flercelliga organismer. Orsaken är, att de ofta kan massförökas på näringsplattor ungefär som bakterier, och att de bildar resistenta vilstadier, som kan appliceras i grödorna ungefär som mikrobiologiska medel. Flera viktiga insektparasiterande former finns som kan användas för biologisk bekämpning. Bland annat försöker forskare i Umeå att utveckla nematodpreparat mot snytbaggen, som ju är Sveriges kanske

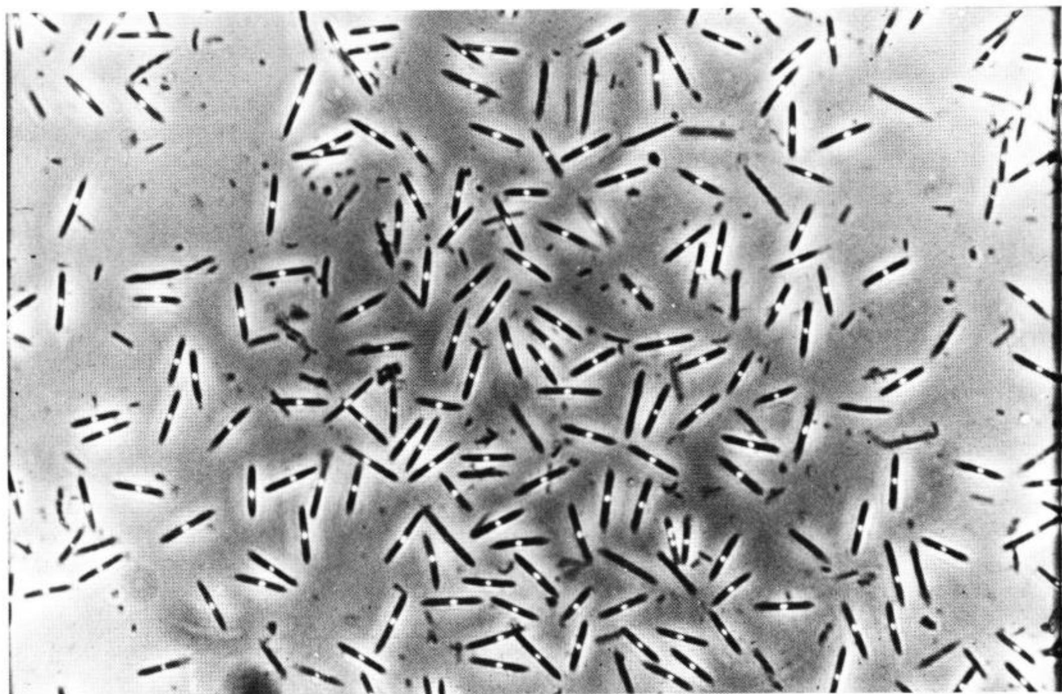


Fig. 6. Blodutstryk från dyngbaggen *Aphodius foetens*, infekterad med coccidier (*Adelina* sp., schizozoiter). – ×250.

Blood smear from the dung-beetle *Aphodius foetens* with a coccidian infection (*Adelina* sp., schizozoites). – ×250.

allra viktigaste skadedjur, nu sedan DDT blivit förbjudet.

**Mikrobiologiska insektmedel – För- och nackdelar, eventuella risker**

Alla vet, att mikrobiologiska bekämpningsmedel har många fördelar. De är selektiva och alltså oftast ofarliga för nyttiga insekter, och de förgiftar inte miljön. De är naturliga insekticider som naturen under årmiljonerna anpassat sig till. Vi tillför alltså inte naturen något nytt, som den kan ha svårt att göra sig av med, när vi använder insektpatogener. De ger inte upphov till resistensökning hos skadeinsekterna – åtminstone inte alls i samma utsträckning som kemiska insekticider – och de är relativt lagringsdugliga jämfört med de parasitinsekter och predatorer, som används i traditionell biologisk bekämpning. De är lättspridda och kan ibland spridas själva på naturlig väg via t ex fåglar, sorkar och insekter. Samtidigt har de inte den tendensen att sprida sig alltför snabbt och uttunnas, så som t ex parasitinsekterna ofta gör. Ibland kan de stabiliseras i miljön och vara verksamma i flera år, men de kan också användas som insekticider, eftersom de ofta har mindre krav på miljöanpassning än vad parasitiska och rovlevande insekter har.

Men självfallet har insektpatogenerna också nackdelar. Den viktigaste nackdelen är kanske att de biologiska medlen kräver helt andra kunskaper än de bred- och snabbverkande kemiska insekticiderna. I dag är det egentligen bara *Bacillus thuringiensis* och vissa virus som kan användas på samma enkla sätt som kemikalier. Men även där måste vi känna till, att varje insekt kräver sitt virus, och att samma *B. thuringiensis*-preparat inte går att använda mot alla fjärilar. Eftersom insektsjukdomar inte är omedelbart dödande utan kan kräva någon dag upp till flera veckor (beroende på sjukdomsorganism, insektstadium, temperatur m m), så är tidpunk-

ten för behandling kritisk, åtminstone inom jordbruk och trädgårdsbruk, där massangreppen alltså måste kunna förutsägas på ett tidigare stadium, när larverna är små och gör mindre skador.

Även den berömda selektiviteten hos de mikrobiologiska preparaten medför flera nackdelar. En nackdel är av ekonomisk natur. Ett preparat som bara verkar mot en enda sorts skadeinsekt säljs naturligtvis mindre än ett bredverkande. Skulle medlet dessutom få permanent kontrolleffekt genom att stanna kvar i miljön, så har den industri som utvecklat preparatet inte gjort någon lönsam satsning. En annan nackdel med selektiviteten är att det på våra grödor ofta uppträder flera skadegörare samtidigt. Olika patogener kan visserligen kombineras i s k cocktail-preparat, men det är inte säkert, att det finns effektiva patogener mot alla skadeinsekter som är aktuella. Och en tillsats av kemiska medel kan ju helt slå ut de naturliga fienderna och deras vikarierande värddjur, och därmed göra den biologiska bekämpningen meningslös.

Slutligen skall det inte förnekas, att lagringsdugligheten för många mikrobiologiska medel är sämre än för kemikalier, även om både *B. thuringienses* och vissa virus kan lagras i decennier. Även miljökänsligheten är större: virus tål ej direkt solljus; svampar kräver hög fuktighet för att infektera.

En viktig fråga är om inte t ex insektvirus och insektbakterier kan mutera och bli farliga, kanske humanpatogena. Svaret är, att alla mikroorganismer muterar, men att de mutationssteg som krävs för att de starkt specialiserade insektpatogenerna skall bli farliga för t ex människan är så många, och chansen att de skall inträffa i rätt ordning är så osannolik, att vi kan bortse från den risken, liksom vi gör när vi medvetet sprider ut t ex streptokocker i filmjölk och youghurt, mögelsvampar i dessertostar och jästsvampar för bakningsändamål.

Dessutom är det knappast aktuellt att sprida ut ens tillnärmelsevis så stora mängder av insektpatogenerna som det uppträder vid naturliga epizootier. Vad det oftast gäller är att helt enkelt tidigarelägga en naturlig infektion, så att den verkar medan insekterna är små och ännu inte har hunnit åsamka skador på grödorna. Som exempel kan nämnas, att vartenda sallads- och kålhuvud i vissa delar av USA uppges innehålla 4 miljarder viruspartiklar per huvud. Det är virus från döda larver av det amerikanska kålflyet, *Trichoplusia ni*. 4 miljarder: det är tillräckligt för att ta död på 1 miljon larver. Om larverna i stället hade bekämpats med virus, så hade de dött på ett tidigare stadium, och man hade fått mindre skador, samtidigt som växterna hade smetats ned med mindre virus.

**Insektpatologin som forskningsgren i Sverige**

I de allra flesta länder har det tagit lång tid innan man insett betydelsen av insektpatologisk forskning. Globalt sett satsas det fortfarande större belopp på traditionell insekticidforskning än på forskning kring alternativa metoder. Men det råder ingen tvekan om att Sverige ligger mycket långt bak när det gäller insektpatologisk forskning. Medan man i utlandet satsar på särskilda insektpatologiska institut och på fasta forskartjänster (enbart Frankrike lär ha minst ett 30-tal tjänster), så har forskningen i Sverige måst bedrivas högst erratiskt på tillfälliga förskningsanslag och på initiativ från enskilda forskare.

Men varför är då insektpatologin så undervärderad i Sverige? En anledning kan vara, att den äldre generationen av biologer länge var alltför dominant. Och den generationen hade kvar en missmodig inställning till biologisk bekämpning alltsedan 1930-talet, då flera stora biologiska bekämpningsförsök misslyckades, och då de kemiska insekticiderna i stället tycktes vara lösningen.

En annan orsak är naturligtvis att våra skadeinsekter orsakar förhållandevis små problem. Många skadeinsekter befinner sig i Sverige på gränsen av sitt utbredningsområde, åtminstone när det gäller jordbruksskadedjuren, och de anställer därför inte lika stora härjningar som längre söderut. När det gäller våra verkligt allvarliga skadegörare, som snytbaggen och vissa barkborrar i våra skogar, så tror man för närvarande mera på feromoner och andra kemiska substanser än på insektpatogener. Men detta är en kortsiktig inställning som det finns all anledning att varna för. Ingen enskild bekämpningsmetod kan på sikt ersätta alla andra metoder. Naturen kommer alltid att på olika sätt söka återskapa den balans som vi rubbar genom vår odling och våra bekämpningsåtgärder. Ensidighet kan och får inte finnas i naturen, och det kommer alltid att vara nödvändigt att byta bekämpningsmetod eller att integrera olika metoder. Vi måste alltså satsa på *alla* metoder, inte bara på kemiska –

eller mikrobiologiska – för att klara vår försörjning och vår miljö i framtiden.

Slutligen kan ytterligare en orsak till insektpatologins eftersatta ställning i Sverige spåras i Produktkontrollnämndens hållning under en följd av år. Trots flera påstötningar har man där vägrat att fatta något principbeslut angående insektpatogener som bekämpningsmedel, och våra tillämpade institutioner har därför sagt sig inte våga satsa på utveckling av medel, som kanske aldrig kan bli godkända. Under hänvisning till vad som nämnts i det föregående beträffande säkerhetsaspekterna, tror jag dock att risken för en så negativ bedömning från Produktkontrollnämndens sida är synnerligen liten. Den skulle ju därmed gå emot all internationell erfarenhet. Vid ett internationellt arbetsmöte i Stockholm i maj 1979, som arrangerades av Naturvårdsverkets forskningsnämnd tillsammans med just Produktkontrollnämnden, enades man också om att "it was desirable to facilitate the use of biological control agents (naturally occurring microorganisms and biochemicals) as environmentally more acceptable alternatives in some cases to chemical pesticides". En ljusning är kanske därför i sikte för den tillämpade insektpatologin i Sverige.

Men även om så inte skulle vara fallet, vill jag gärna uppmana alla modiga intresserade, att trots allt försöka satsa på insektpatologisk forskning. Ty insektpatologin är ett gigantiskt och dynamiskt ämne med goda chanser till spännande och oväntade upptäckter. Det var insektpatologisk forskning som resulterade i t ex d'Herelle's upptäckt av den första bakteriofagen (från gräshoppsbakterier), och det var genom sin forskning kring silkesmaskens sjukdomar som Pasteur fann nyckeln till viktiga frågor rörande rabies och mjältbrand. När det gäller t ex utbredningen av viktiga insektsjukdomar är Sverige forfarande en mycket vit fläck på kartan, så nog finns här upptäckter att göra.

## Litteratur

Nedanstående förteckning upptar huvudsakligen ett urval modernare insektpatologisk litteratur av handbokskaraktär.

*Allmänt* (insektpatologins grunder, mikrobiologisk bekämpning m m)


Burges, H. D. & Hussey, N. W. (ed.) 1971. Microbial control of insects and mites. London & New York (Acad. Press).

Journal of Insect Pathology 1959–1964. New York & London (Acad. Press).

Journal of Invertebrate Pathology 1965–. New York & London (Acad. Press).

Krieg, A. 1961. Grundlagen der Insektenpathologie. Viren-, Rickettsien und Bakterien-Infektionen. Darmstadt (Dr. Dietrich Steinkopff Verl.).

Roberts, D.W. & Strand, M.A. 1977. Pathogens of Medically Important Arthropods. – Bull. W.H.O. 55, suppl. 1. Genève.

Steinhaus, E.A. 1967. Insect Microbiology. Omtryck, New York & London (Hafner Publ. Co.).

Steinhaus, E.A. 1967. Principles of Insect Pathology. Omtryck, New York & London (Hafner Publ. Co.).

Steinhaus, E.A. (ed.) 1963. Insect Pathology, 2 vols. New York & London (Acad. Press).

Weiser, J. 1977. An Atlas of Insect Diseases. 2 uppl. The Hague (Dr. W. Junk Publ.).


*Bakterier och rickettsier*


Buchanan, R.E. & Gibbons, N.E. (ed.) 1974. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. 8 uppl. Baltimore (Williams & Wilkins Co.).


*Virus*


Gibbs, A.J. (ed.) 1973. Viruses and Invertebrates. Amsterdam & London (North-Holland Publ. Co.).

Krieg, A. 1973. Arthropodenviren. Stuttgart (Georg Thieme Verl.).

Maramorosch, K. (ed.) 1977. The Atlas of Insect and Plant Viruses. – Ultrastructure in Biological Systems 8. New York, San Francisco & London (Acad. Press).

Smith, K.M. 1976. Virus-insect relationships. London & New York (Longman).

Summers, M., Engler, R., Falcon, L.A. & Vail, P. 1975. Baculoviruses for Insect Pest Control: Safety Considerations. Washington D.C. (Amer. Soc. Microbiol.).


*Svampar*


Amouriq, L. 1973. Rapports entomologo-cryptogamiques. Paris (Hermann).

Gustafsson, M. 1965, 1969. On Species of the Genus *Entomophthora* Fres. in Sweden, I–III. – Lantbrukshögskolans Annaler 31: 103–212, 405–457; 35:235–274.

Koval, E.Z. 1974. Bestämningstabeller över Sovjetunionens insektsvampar. Kiev (Naukova Dumka). (På ryska.)

Müller-Kögler, E. 1965. Pilzkrankheiten bei Insekten. Berlin & Hamburg (Paul Parey).


*Protozoer*


Bulla Jr., L.A. & Cheng, T.C. 1976. Biology of the Microsporidia.

Bulla Jr., L.A. & Cheng, T.C. 1976. Comparative Pathobiology 1. New York (Plenum Press). – Systematics of the Microsporidia. – Comparative Pathobiology 2. New York (Plenum Press).

Geus, A. 1969. Sporentierchen, Sporozoa, Die Gregarinida. – Die Tierwelt Deutschlands 57. Jena (Veb Gustav Fischer Verl.).

*Nematoder*

Poinar Jr., G.O. 1975. Entomogenous Nematodes. Leiden (E.J. Brill).

# Recension

Bangsholt, F., Biström, O., Lundberg, S., Muona, J., Silfverberg, H., Strand, A. *Enumeration Coleopterorum Fennoscandiae et Daniae*. Helsingfors 1979. 79 sidor.

Under senare år har behovet av en ny skalbaggskatalog varit stort. Den sista katalogen kom ut 1960 och det kan kanske anses att det vore onödigt att redan efter ca 20 år kosta på en ny. Så är emellertid ingalunda fallet. Inom skalbaggssystematiken har åtskilligt hänt under 60- och 70-talet, och inte minst ett stort antal nya arter har tillkommit. Det var därför glädjande med denna, 1979 års Enumeratio.

Katalogen tar upp alla kända skalbaggsarter som en checklista. För varje art markeras om den förekommer i Finland, Sverige, Norge, Danmark samt i de fennoskandiska delarna av Sovjetunionen och i Estland-Lettland. Däremot finns ingen uppdelning i landskap. Detta senare är en av de viktigare skillnaderna gentemot 1960 års katalog, liksom att kolumnen för norra Tyskland resp. Brittiska öarna saknas. Arterna är sedvanligt uppdelade på släkten och familjer och, som en nyhet, i underfamiljer och tribus. Subspecies är också nämnda.

När det gäller nomenklatur och systematik är den nya katalogen utsatt för mycket drastiska omändringar. Eftersom man till varje pris velat följa de internationella nomenklaturreglerna, har ett så stort antal namn ändrats, både när det gäller arter och släkten, att man känner sig vilsen. För de entomologer som idag känner de flesta skalbaggsnamn, kommer det sannolikt att dröja rätt många år innan man "övat in" de nya namnen. Att man gått till överdrift med namnändringar är det enda verkligen negativa med Enumeratio. Vi hoppas nu alla på en lugnare period. Bl. a. ansåg den stora systematikern Carl H. Lindroth ( i sin bearbetning av carabiderna i "Handbooks for the identification of British Insects"), att för att behålla stabilitet och kontinuitet, bör ändringar av latinska namn på släkt- och artnivån hållas till ett nödvändigt minimum. Så har ej skett här.

Så mycket värdefullare är att man försökt komma ett steg närmare ett naturligt system, i huvudsak uppgjort efter Crowson. Här har vi tidigare legat efter internationellt sett. Exempelvis har bland carabiderna *Harpalus* placerats efter *Amara*, *Amara* efter *Agonum*, *Agonum* efter *Pterostichus* osv. Bland vattenbaggarna har flera släkten brutits ur den gamla familjen Hydrophilidae och gjorts till en ny familj, Hydraenidae. Familjen Ptiliidae har infogats mellan Hydrophilidae och Leiodidae. Catopidae och Colonidae har blivit egna familjer, något som skett för länge sedan i nya världen. Kortvingarna, som bearbetats av Jyrki Muona ensam, har omarrangerats betydligt. Läsaren märker snart att uppställningen av den stora underfamiljen Aleocharinae (dit de flesta av de små kortvingarna hör) blivit föremål för den mest omfattande förändringen. Det bör i detta sammanhang uppmärksammas att uppställningen av släktet *Atheta* blivit oklart, varför man ej kan utläsa vad som är undersläkten av *Atheta* eller vad som gjorts till egna släkten. Familjen Scarabaeidae har, för många något oväntat (men riktigt), förflyttats från slutet av systemet till i närheten av histeriderna och helodiderna. Lucanidae, tidigare uppfattat som scarabider, är nu, mindre oväntat, en egen familj. I knäpparfamiljen känner man sig rent bortkommen, både nomenklatoriskt och systematiskt. Tråkigt att *Elater borealis* Palm föreslås heta *Ampedus suecicus* Palm. Eller vad sägs om att gamla *Ludius ferrugineus* L. heter *Elater ferrugineus* L.! Slutligen skall familjen Ostomidae heta Trogositidae (vilket den kallats i Nordamerika sedan länge).

Det är nödvändigt för varje coleopterolog att skaffa den nya katalogen. De ovanstående exemplen på förändringar är blott några i en lång rad. Läsaren bör dock redan här göras uppmärksam på att ett antal (lyckligtvis mindre) felaktigheter föreligger i boken. Dessa skall emellertid, enligt muntligt meddelande från Stig Lundberg, bli tillrättalagda i kommande tillägg. Enumeratio Coleopterorum Fennoscandiae et Daniae kan rekvireras från: Helsingfors Entomologiska Bytesförening, Zoologiska Museet, N. Järnvägsgatan 13, SF-00100 Helsingfors 10, Finland.

*Rickard Baranowski*